

Pengolahan Rafinat Hasil Ekstraksi *Spent Catalyst* Sebagai Bahan Baku Pembuatan Semen

Irfan Hilmi¹, Tony Handoko²

¹Jurusan Teknik Kimia FTI UNPAR Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung

²Jurusan Teknik Kimia FTI UNPAR Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung

Abstract

Spent catalyst is a waste of catalyst that has been saturated for it has lost its catalytic ability. The saturation is due to catalyst aging, poisoning, or its active center has been covered by other materials. This waste is classified as hazardous waste for its nickel composition. Therefore, it can not be directly discharged into the environment and need a secure waste management. The method of handling hazardous waste is reuse without any additional processing, recycling, or separating each of the components. Spent catalyst has a high silica content which can be used as raw material for producing cement. Silica is a non-renewable resource. Therefore, by utilization of the spent catalyst into raw materials for cement production is expected to minimize or substitute the use of silica. It also expected to reduce the production cost of cement and decrease the negative impact for environment. Method that is used to produce cement in this research is dry methods. Variable in this research is silica ratio derived from spent catalyst and silica sand to cement quality. Result showed that silica ratio derived from spent catalyst and silica sand does not have a significant influence to cement quality.

Kata kunci: *Spent catalyst, silica, extraction, rafinat, cement*

Pendahuluan

Spent catalyst merupakan limbah katalis yang telah jenuh dan telah kehilangan kemampuan katalitiknya. Kejenuhan dari katalis ini dapat diakibatkan oleh berakhirnya umur katalis, perubahan struktur katalis, atau pusat aktifnya telah tertutup oleh material lain. *Spent catalyst* banyak dihasilkan dalam industri petroleum. Proses dalam industri petroleum yang menghasilkan bahan buangan berupa *spent catalyst* yaitu *Residual Catalytic Cracking (RCC)*. Dalam proses RCC ini digunakan katalis yang komponen utamanya terdiri dari silika sehingga pada akhir proses RCC ini akan dihasilkan limbah berupa *spent catalyst* yang komponen utamanya terdiri dari silika. Limbah *spent catalyst* menurut PP No.85 tahun 1999 digolongkan ke dalam limbah B3 karena memiliki kandungan nikel. *Spent catalyst* tidak bisa langsung dibuang ke lingkungan, karena itu butuh metode pengelolaan yang tepat dan aman bagi lingkungan. Pemanfaatan limbah B3 yang diizinkan sesuai Pasal 1 Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 02/2008 menetapkan tiga prinsip kegiatan yang meliputi pemanfaatan kembali tanpa proses tambahan (*reuse*), daur ulang (*recycle*), serta perolehan kembali komponen yang bermanfaat dengan proses kimia, fisika, biologi, dan atau termal. Dalam *spent catalyst* masih memiliki kandungan silika (SiO_2) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan semen.^{[1][2]}

Semen merupakan suatu bahan perekat yang selalu digunakan dalam setiap jenis bangunan. Karena pembangunan akan selalu terjadi setiap waktu, maka kebutuhan akan semen pun akan tetap tinggi. Indonesia merupakan negara produsen semen, hal ini dapat dilihat dari tingginya nilai ekspor dan produksi semen Indonesia. Pada bulan Januari-September 2008 ekspor semen Indonesia sebesar 3,465,980 ton, kemudian nilai ekspor pada Januari-September 2009 sebesar 3,142,551 ton. Pada tahun berikutnya diperkirakan pertumbuhan produksi semen akan terus meningkat sekitar 40,7 juta ton dari 38,4 juta ton.^[3] Bahan baku pembuatan semen terdiri dari silika yang berasal dari pasir silika. Komponen ini merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. *Spent catalyst* memiliki kandungan silika yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk mensubsitisi pasir silika sebagai bahan baku untuk pembuatan semen.

Bahan dan Metode

Bahan baku

Bahan baku yang digunakan adalah batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silika. Keseluruhan bahan baku ini mengikuti komposisi semen portland berturut-turut adalah 80%, 9%, 1% dan 10%. Gypsum sebagai bahan aditif sebanyak 2% dari berat

sampel. Silika yang digunakan bersumber dari pasir silika dan rafinat hasil ekstraksi *spent catalyst*.

Metodologi penelitian

Penelitian dilakukan dengan kalsinasi menggunakan metode *furnace + burner* dengan komposisi semen portland. Pada penelitian dilakukan variasi silika yang berasal dari 100 % *spent catalyst* dan yang berasal dari 50 % *spent catalyst* : 50 % pasir silika.

Metode analisis

Analisis dilakukan di Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) meliputi analisis kimia. Analisis kimia pada percobaan kali ini ditujukan untuk mengetahui kandungan komponen-komponen yang terdapat dalam semen, sehingga dapat diketahui tingkat kualitas dari semen yang dihasilkan dan juga untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari variasi silika. Metode analisis kimia menggunakan ASTM C 114 : 2008. Sedangkan analisis fisik dilakukan secara kualitatif berdasarkan karakteristik semen yang dihasilkan. Uji kuat tekan dilakukan dengan menjatuhkan beban seberat 340 gram dengan ketinggian 10 cm.

Hasil dan Pembahasan

Spent catalyst hasil ekstraksi menggunakan pelarut NaOH 20 % dimasukkan kedalam oven selama ± 30 menit dengan suhu 80 °C. Ekstraksi ini bertujuan untuk memisahkan kandungan silika dengan kandungan lainnya yang ada di *spent catalyst*, sehingga dapat digunakan sebagai sumber silika dalam pembuatan semen. Rafinat yang dihasilkan dari ekstraksi ini memiliki kandungan silika sebesar 27,60 %.

Analisis kimia

Hasil dari analisis kimia semen dapat dilihat pada tabel 4.4.

Dari hasil analisis kimia yang dilakukan, dapat dilihat bahwa perolehan jumlah silika (SiO_2) yang dihasilkan untuk kedua run diatas tidak berbeda jauh. Kandungan silika untuk 100 % *spent catalyst* adalah 5,19 % dan untuk 50 % *spent catalyst* : 50 % pasir silika adalah 5,11 %. Dengan begitu maka variasi perbandingan jumlah silika yang dilakukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap proses pembuatan semen. Kandungan silika ini sangat jauh jika dibandingkan dengan silika dari semen portland. Kandungan Fe_2O_3 dan Al_2O_3 untuk setiap run pun tidak berbeda jauh, tetapi terdapat perbedaan yang cukup besar jika dibandingkan dengan semen portland. Hal ini disebabkan oleh tidak tercapainya kondisi temperatur yang diinginkan yaitu 1450 °C. Efek rasio dari *spent catalyst* tidak dapat dilihat karena proses yang dilakukan berbeda dengan proses semen portland. Sedangkan parameter seperti Na_2O , K_2O , MgO dan alkali sebagai Na_2O merupakan komponen yang tidak diperhitungkan. Parameter lain yang dapat dilihat adalah Loss On Ignition (LOI). Dari hasil pengujian, angka Loss On

Ignition (LOI) yang besar menunjukkan bahwa semen yang dihasilkan masih banyak mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) karena proses kalsinasi semen yang tidak sempurna. Parameter LOI pada semen 100 % pasir silika memiliki nilai cukup kecil yaitu 7,82 %. Hal ini menandakan bahwa sudah semakin banyak CaO yang terbentuk.

LOI adalah sebuah parameter yang menyatakan bagian dari zat yang akan terbebaskan sebagai gas pada saat pembakaran pada temperatur tinggi. Komponen utama LOI adalah uap air yang berasal dari kandungan air (*moisture*) dalam tepung baku (*raw-mix*) dan gas CO_2 yang akan dihasilkan dari proses dekomposisi CaCO_3 . Semakin tinggi nilai LOI maka semakin sedikit produk klinker yang dihasilkan. Kemungkinan lain yang terjadi adalah adanya zat-zat yang terkandung dalam *spent catalyst* yang menyebabkan kandungan LOI yang seharusnya kecil menjadi besar.

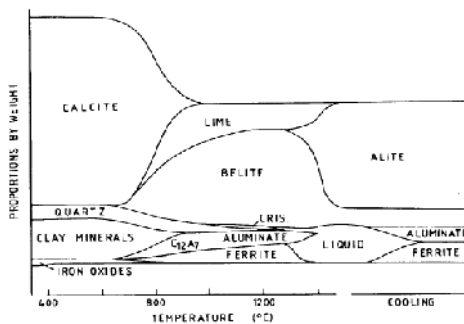
Dari data perbandingan dengan semen portland, dapat dilihat bahwa kandungan semen hasil penelitian ini masih jauh dari harga kandungan komponen semen portland. Hal ini disebabkan karena proses kalsinasi pada pembuatan semen ini masih kurang baik, dan proses yang dipakai juga jauh berbeda dari proses yang biasa digunakan untuk pembuatan semen portland tipe 1 terutama dari sisi alat.

Jika semen penelitian dibandingkan dengan semen yang berasal dari 100 % pasir silika dengan proses pembuatan yang sama yaitu *furnace + burner* didapat perbedaan yang cukup jauh. Dilihat dari bagian tidak larutnya yaitu sekitar 26,65 % menandakan bahwa silika yang dipakai banyak yang tidak larut. Hal ini disebabkan karena silika yang berasal dari pasir silika ini masih berbentuk kristalin. Sedangkan bentuk pasir silika yang dapat larut adalah silika yang berbentuk amorf. *Spent catalyst* memiliki silika dalam bentuk amorf. Nilai bagian tidak larut yang besar menandakan bahwa silika masih dalam bentuk kristalin. Dalam analisis kimia, semen ini dilarutkan dalam HCl. Silika dalam bentuk amorf akan larut dalam HCl sehingga nilai analisis dari bagian tidak larut ini kecil. Sedangkan silika dalam bentuk kristalin tidak larut dalam HCl sehingga nilai dari analisis bagian tidak larut ini besar. Kelarutan dalam HCl ini yang menunjukkan bentuk dari silika amorf atau kristalin. Dalam prosesnya, silika kristalin ini harus berubah ke bentuk silika amorf agar dapat bereaksi dengan CaO membentuk mineral-mineral semen. Perubahan dari silika kristalin ke silika amorf ini berlangsung pada suhu yang tinggi.

Jika dilihat dari parameter silika (SiO_2) pada semen 100 % pasir silika didapat nilai sekitar 22,96 %. Nilai ini sama dengan semen portland, tetapi kandungan silika ini merupakan kandungan silika yang kristalin bukan bentuk amorf. Silika kristalin ini tidak dapat bereaksi dengan CaO sehingga tidak dapat membentuk mineral-mineral semen. Silika amorf mampu bereaksi dengan CaO, salah satunya adalah silika dari *spent catalyst*. Silika yang

dihasilkan dari 100 % *spent catalyst* dan 50 % *spent catalyst* : 50 % pasir silika adalah 5,19 dan 5,11. Hasil silika ini berbeda jauh jika dibandingkan dengan 100 % pasir silika tetapi silika dari semen penelitian ini sudah dalam bentuk amorf. Silika yang sudah dalam bentuk amorf ini dapat bereaksi dengan CaO. Semen penelitian ini tidak dapat dibandingkan dengan semen 100 % pasir silika karena hasil silika yang diperoleh berbeda bentuknya

Proses kalsinasi dengan metode *furnace + burner* pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik reaksi padat-padat. Kemungkinan suhu yang tercapai dari proses kalsinasi ini adalah sekitar ± 1100 °C. Sedangkan pada proses pembuatan semen, harus terbentuk fase liquid jika dilihat dari grafik reaksi padat-padat. Tetapi pada penelitian kali ini tidak terbentuk fase liquid karena fase tersebut terbentuk pada suhu > 1400 °C. Hal ini semakin menguatkan bahwa proses kalsinasi dengan metode *furnace + burner* pada penelitian ini tidak mencapai suhu 1450 °C sehingga tidak bisa diproduksi semen yang mendekati semen portland tipe 1. Grafik reaksi padat-padat dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik reaksi padat-padat

Pengujian mineral-mineral semen seperti C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF yang berfungsi sebagai indikator dari kuat tekan semen tersebut tidak dapat dilakukan. Persamaan Bogue yang biasa dipakai untuk menghitung mineral tersebut tidak dapat digunakan karena tidak valid. Oleh karena itu maka pengujian mengenai kuat tekan semen hanya mengacu pada analisis fisik semen.

Analisis fisik

Analisis fisik ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kekuatan tekan dari sampel penelitian semen ini. Semen yang telah dimasukkan kedalam cetakan berbentuk persegi dan didiamkan selama 28

hari akan diuji kuat tekannya menggunakan suatu beban.

Setelah semen tersebut keluar dari cetakan, parameter fisik yang akan diamati adalah berupa kehalusan, warna dan kuat tekan. Untuk semen dengan 100 % *spent catalyst* dan 50 % *spent catalyst* : 50 % pasir silika, hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.5.

Untuk uji kuat tekan, dilakukan dengan menjatuhkan beban pada ketinggian 10 cm dan dengan berat beban 340 gram pada setiap semen penelitian.

Dari keseluruhan hasil pengujian fisik berupa kehalusan, warna dan kuat tekan dengan menggunakan beban, hasil yang didapat jauh dari ciri-ciri fisik yang ada pada semen portland tipe 1. Kehalusan yang kasar dan warna yang tidak padu serta semua semen penelitian hancur ketika dijatuhkan beban dari ketinggian 10 cm. Begitu juga dengan semen 100 % pasir silika. Semen ini menunjukkan sifat yang sama dengan semen lainnya, tetapi semen ini memberikan kehalusan dan kuat tekan yang sedikit lebih bagus dari semen yang lainnya.

Dari hasil penelitian ini, rasio silika dari *spent catalyst* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas semen yang dihasilkan. Penggunaan *spent catalyst* sebagai bahan substitusi pasir silika pun tidak dapat diketahui. Semen penelitian tidak dapat dibandingkan dengan semen 100 % pasir silika walaupun keduanya melalui proses yang sama karena silika yang dihasilkan memiliki bentuk yang berbeda.

Komposisi semen yang dihasilkan dari penelitian ini tidak dapat digunakan untuk semen jenis tertentu. Hal ini disebabkan karena terjadi penyimpangan. Penyimpangan-penyimpangan yang terjadi ini lebih disebabkan karena proses kalsinasi dalam pembuatan semen yang kurang sempurna dan tidak mencapai suhu 1450 °C. Proses kalsinasi yang kurang sempurna ini mengakibatkan mineral-mineral semen seperti C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF yang berperan besar dalam pembentukan kuat tekan awal dan akhir justru tidak terbentuk. Dan jika terbentuk pun kandungannya akan sedikit. Oleh karena tidak adanya kandungan mineral tersebut, maka semen penelitian ini tidak dapat mencapai ciri-ciri fisik dari semen portland tipe 1.

Tabel 4.4 Hasil analisis kimia

URAIAN	HASIL UJI (%)		PORTLAND	100% Pasir Silika
	100 % SC	50:50		
Bagian tidak larut	3,25	4,5	7,56	26,65
Silika (SiO ₂)	5,19	5,11	22,72	22,96
Besi (III) Oksida (Fe ₂ O ₃)	0,73	0,765	3,84	2,84
Aluminium(III) Oksida (Al ₂ O ₃)	4,15	3,445	7,82	4,90
Kalsium Oksida (CaO)	67,54	69,24	58,78	58,02
Magnesium Oksida (MgO)	2,2	2,68	2,21	1,59
SO ₃ jika C ₃ A > 8 %	0,17	0,16	1,99	0,08
LOI	20,13	19,33	2,42	7,82
Na ₂ O	0,4	0,25	-	-
K ₂ O	0,07	0,05		
Alkali sebagai Na ₂ O	0,45	0,28	0,5	

Tabel 4.5 Perbandingan parameter fisik

Semen	Parameter	
	Kehalusan	Warna
100 % <i>spent catalyst</i>	Kasar dan banyak serbuk yang menempel ditangan saat disentuh	Abu-abu tetapi putih dibagian bawahnya
50 % <i>spent catalyst</i> : 50 % pasir silika	Kasar dan sedikit serbuk yang menempel pada tangan saat disentuh	Abu-abu tetapi putih dibagian bawahnya

Kesimpulan

1. Komposisi silika dari *spent catalyst* tidak dapat dilihat pengaruhnya terhadap kualitas perolehan semen karena proses yang tidak sesuai.
2. Proses kalsinasi dengan menggunakan *furnace+burner* tidak dapat menghasilkan semen yang mendekati semen portland tipe 1.
3. Pengurangan dampak negatif dari *spent catalyst* belum terlihat karena metode kalsinasi yang digunakan tidak mencapai suhu 1450 °C

Daftar Pustaka

1. Anonim,2010.*Teknologi Pengolahan Limbah B3*. <http://majarimagazine.com> didownload tanggal 28 Januari 2010 pukul 20:55
2. Anonim,2010.*Pengelolaan Limbah B3*.<http://majarimagazine.com> didownload tanggal 28 Januari 2010 pukul 21:13
3. Badan Pusat Statistik Indonesia,2010
4. Diktat Indocement Tunggal Perkasa PT. *Manufacturer of Portland Cement*.
5. Firdaus, A.2007,*Proses Pembuatan Semen pada PT HOLCIM Indonesia*. didownload tanggal 16 Februari 2010 pukul 8:15 am
6. Kementerian Negara dan Lingkungan Hidup,2006.*Pengelolaan Katalis dan Spent Catalyst*.<http://b3.menlh.go.id/> didownload tanggal 15 Januari 2010 pukul 18:34
7. Anonim,2010. *Katalis*.<http://www.blogpribadi.com> didownload tanggal 15 Januari 2010 pukul 19:00
8. United States Patent,1982.,*Process for Fluid Catalytic Cracking*.<http://www.google.co.uk> didownload tanggal 26 Januari 2010 pukul 11:33
9. ITB.,*Modul 11 Industri Semen.*, didownload tanggal 18 Maret 2010 pukul 4:02 pm

10. Universitas Gunadharma.,**Bab 3 Semen Portland** didownload tanggal 16 Februari 2010 pukul 9:12 am
11. Andy.,**Presentasi Semen** didownload tanggal 16 Februari 2010 pukul 9:03 am
12. Pengantar Industri Kimia.,**Proses Industri pada Pembuatan Semen** didownload tanggal 18 Maret 2010 pukul 5:28 pm
13. Smith,D.,2008 **Material Safety Data Sheet**. <http://www.irvingoil.com> 16 April pukul 01:03)
14. Anonim,2010. **Material safety data sheet**., <http://tmc.co.kr> didownload tanggal 16 April 2010 pukul 10:13 am
15. Anonim,2010. <http://moxba.com> didownload tanggal 26 Januari 2010 pukul 12:04